

"EXPRESS MAIL" MAILING LABEL  
NUMBER EV 331992803 US  
DATE OF February 4, 2004  
I HEREBY CERTIFY THAT THIS PAPER OR FEE IS  
BEING DEPOSITED WITH THE UNITED STATES  
POSTAL SERVICE "EXPRESS MAIL POST OFFICE TO  
ADDRESSEE" SERVICE UNDER 37 C.F.R. 1.10 ON THE  
DATE INDICATED ABOVE AND IS ADDRESSED TO  
MAIL STOP PATENT APPLICATION; COMMISSIONER  
OF PATENTS; P.O. BOX 1450, ALEXANDRIA, VA 22313-1450

Christine Rounds  
(TYPED OR PRINTED NAME OF PERSON MAILING  
PAPER OR FEE)  
Christine Rounds  
(SIGNATURE OF PERSON MAILING PAPER OR FEE)

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In the application of )  
Naoki Shimazaki )  
Title: COMBUSTION CONTROL DEVICE )  
AND METHOD FOR ENGINE )  
Serial No.: *Not Assigned* )  
Filed On: *Herewith* ) (Our Docket No. 5616-0086)

Hartford, Connecticut, February 4, 2004

Mail Stop Patent Application  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

PRIORITY CLAIM AND SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

S I R:

This application is entitled to the benefit of and claims priority from  
Japanese Patent Application No. 2003-030811 filed February 7, 2003. A certified  
copy of the Japanese Patent Application is enclosed herewith.

Please contact the Applicant's representative at the phone number listed  
below with any questions.

McCormick, Paulding & Huber LLP  
CityPlace II, 185 Asylum Street  
Hartford, CT 06103-3402  
(860) 549-5290

Respectfully submitted,

By

Marina F. Cunningham  
Marina F. Cunningham  
Registration No. 38,419  
Attorney for Applicant

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

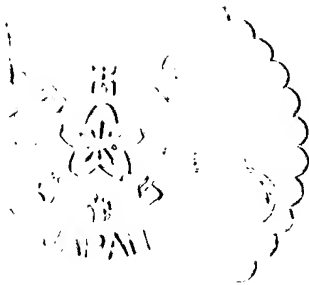
This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 2月 7日  
Date of Application:

出願番号 特願2003-030811  
Application Number:

[ST. 10/C]: [JP 2003-030811]

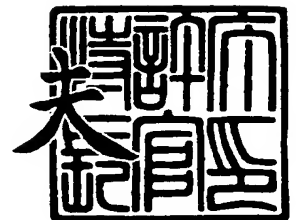
出願人 いすゞ自動車株式会社  
Applicant(s):



2004年 1月 8日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井 康



出証番号 出証特2003-3109816

【書類名】 特許願

【整理番号】 IZ4140144

【提出日】 平成15年 2月 7日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 F02D 41/04

【発明の名称】 エンジンの燃焼制御装置

【請求項の数】 7

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県藤沢市土棚 8 番地 株式会社いすゞ中央研究所  
内

【氏名】 島▲崎▼ 直基

【特許出願人】

【識別番号】 000000170

【氏名又は名称】 いすゞ自動車株式会社

【代理人】

【識別番号】 100068021

【弁理士】

【氏名又は名称】 絹谷 信雄

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014269

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 エンジンの燃焼制御装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 燃焼室内に燃料を噴射する燃料噴射弁と、燃焼室内の混合気の着火時期を調整する着火時期調整手段と、上記燃料噴射弁及び上記着火時期調整手段を制御する制御手段とを備えたエンジンの燃焼制御装置であって、

上記制御手段は、吸気行程から圧縮行程の間で行う第一噴射と、該第一噴射の実行後、圧縮上死点近傍にて行う第二噴射とを少なくとも実行するように上記燃料噴射弁を制御すると共に、上記第一噴射及び第二噴射により噴射された燃料と吸入空気等により形成される混合気が、上記第二噴射の噴射終了後に着火するように上記着火時期調整手段を制御することを特徴とするエンジンの燃焼制御装置。

【請求項 2】 上記着火時期調整手段は、排気ガスを上記燃焼室内に還流する排気ガス還流手段、上記燃焼室の容積を変更して圧縮比を変化させる可変圧縮比機構、吸排気バルブの開閉タイミングを変えて圧縮比を変化させる可変バルブタイミング機構、水又はアルコール等の液体を上記燃焼室内に噴射する噴射手段、のうち何れか一つ又は複数の組み合わせからなる請求項 1 記載のエンジンの燃焼制御装置。

【請求項 3】 上記着火時期調整手段は、燃焼室内に臨んで設けられた点火プラグと、該点火プラグに通電して燃焼室内の混合気を着火させる通電手段とを備えた請求項 1 記載のエンジンの燃焼制御装置。

【請求項 4】 上記制御手段は、上記燃焼室内の混合気が着火するときの、上記第二噴射により形成される混合気の混合気濃度頻度分布のピークが当量比で 2 以下の値となるように上記着火時期調整手段を制御する請求項 1～3 いずれかに記載のエンジンの燃焼制御装置。

【請求項 5】 上記制御手段は、上記燃焼室内の混合気が着火するときの、上記第一噴射により形成される混合気の混合気濃度頻度分布のピークが当量比で 1 以下の値となるように上記第一噴射の噴射量及び／又は噴射時期を決定する請求項 1～4 いずれかに記載のエンジンの燃焼制御装置。

【請求項 6】 燃焼室内に燃料を噴射する燃料噴射弁と、燃焼室内の混合気の着火時期を調整する着火時期調整手段と、上記燃料噴射弁及び上記着火時期調整手段を制御する制御手段とを備えたエンジンの燃焼制御装置であって、

上記制御手段は燃料噴射モードとして、

エンジンの運転状態が低回転・低負荷領域であるときに、吸気行程から圧縮行程の間で一回の噴射を実行するように上記燃料噴射弁を制御する単段予混合燃焼モードと、

エンジンの運転状態が上記単段予混合燃焼モードを実行する領域よりも高回転・高負荷領域であるときに、吸気行程から圧縮行程の間で行う第一噴射と、該第一噴射の実行後、圧縮上死点近傍にて行う第二噴射とを少なくとも実行するように上記燃料噴射弁を制御すると共に、上記第一噴射及び第二噴射により噴射された燃料と吸入空気等により形成される混合気が、上記第二噴射の噴射終了後に着火するように上記着火時期調整手段を制御する多段予混合燃焼モードとを少なくとも有することを特徴とするエンジンの燃焼制御装置。

【請求項 7】 上記着火時期調整手段は排気ガスを燃焼室内に還流する排気ガス還流手段を備え、

上記制御手段は上記燃料噴射モードとして、エンジンの運転状態が上記多段予混合燃焼モードを実行する領域よりも高負荷領域であるときに、少なくとも圧縮上死点近傍で一回の噴射を実行するように上記燃料噴射弁を制御する通常燃焼モードを更に備え、

上記制御手段は、上記多段予混合燃焼モードから上記通常燃焼モードに移行する際に、上記多段予混合燃焼モードの上記第一噴射の噴射量を徐々に減少させると共に、上記第二噴射の噴射量を上記通常燃焼モードの目標噴射量まで徐々に増加させるように上記燃料噴射弁を制御し、上記第二噴射の噴射量の増加に応じて排気ガスの還流率を徐々に減少させるように上記排気ガス還流手段を制御する請求項 6 記載のエンジンの燃焼制御装置。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、エンジンの燃焼制御装置に係り、特に、 $\text{NO}_x$  及びスモークを大幅に低減できる予混合燃焼をより広い運転領域で実行することを可能にしたエンジンの燃焼制御装置に関するものである。

#### 【0 0 0 2】

##### 【従来の技術】

従来、ディーゼルエンジンではシリンダ内（燃焼室内）が高温・高圧となるピストンの圧縮上死点近傍で燃料を噴射して燃焼を行うのが一般的であった。

#### 【0 0 0 3】

噴射された燃料は、吸入空気と混合して混合気となり、その混合気が着火して火炎が形成され、その火炎に後続の噴射燃料が供給されることにより燃焼が継続される。この燃焼方式は、燃料の噴射中に着火が始まるものであり、本明細書中では通常燃焼という。

#### 【0 0 0 4】

ところが、近年では、燃料噴射タイミングを圧縮上死点よりも早期にして着火遅れ期間を長くし、燃料と吸入空気の混合を十分に促進させることで、大幅な燃費悪化をもたらさずに  $\text{NO}_x$  及びスモークを大幅に低減できる新たな燃焼方式が提案されている（例えば、特許文献 1 及び 2）。

#### 【0 0 0 5】

具体的には、圧縮上死点前の吸気行程から圧縮行程の間に燃料噴射が行われ、燃料の噴射終了後所定の着火遅れ期間を経て着火が始まる。この燃焼方式は、着火遅れ期間が長く、混合気が十分に希薄・均一化されるので、局所的な燃焼温度が下がり、 $\text{NO}_x$  排出量が低減する。また、局所的に空気不足状態での燃焼が回避されるためスモークも抑制される。このように、燃料の噴射終了後に着火が始まる燃焼方式を本明細書中では予混合燃焼という。

#### 【0 0 0 6】

##### 【特許文献 1】

特開平 9 - 1 1 2 3 2 5 号公報

##### 【特許文献 2】

特開平 1 0 - 3 3 1 6 9 0 号公報

## 【特許文献 3】

特開 2000-145507 号公報

## 【特許文献 4】

特開 2001-207890 号公報

## 【特許文献 5】

特開 2001-20784 (段落「0094」～「0100」、図 20 等)

## 【特許文献 6】

特開 2000-130200 (図 1 等)

## 【0007】

## 【発明が解決しようとする課題】

このように、排気ガスの改善に有効な予混合燃焼であるが、エンジンの低負荷・低回転領域でしか適用することができず、高負荷・高回転領域では通常燃焼方式に切り換えざるを得ない現状があった。例えば、特許文献 2 には低・中負荷運転時には早期噴射による予混合燃焼を行い、高負荷運転時には圧縮上死点近傍で噴射する通常燃焼を行うディーゼルエンジンが記載されている。

## 【0008】

予混合燃焼を高負荷・高回転領域で用いることができない主な理由は、意図した正しい着火を確保できないおそれがあることである。

## 【0009】

説明すると、エンジンの回転速度が低い場合は、シリンダ内の燃料が高温・高圧である期間が比較的長いため、化学反応が進行しやすく着火は確保しやすい。これに対して、エンジンの回転速度が高い場合、シリンダ内の燃料の高温・高圧である期間が短いため失火しやすい。予混合燃焼の場合、混合気の希薄・均一化により筒内の温度不均一が緩和されるため、燃焼開始に十分な発熱反応が発生しないまま膨張行程に至り失火するおそれがある。このため、高回転領域では、混合気の濃度分布にバラツキが生じる通常燃焼に切り換えて失火を防止していた。

## 【0010】

また、エンジンの高負荷領域では燃料噴射を早期に行うと激しいディーゼルノ

ックが発生するおそれがあるため、通常燃焼に切り換えていた。

【0011】

そこで、近年では圧縮上死点よりも早期に予混合のための比較的小量のパイロット噴射を行い、圧縮上死点近傍にて通常燃焼のための比較的多量のメイン噴射を行うエンジンが発明されている（例えば、特許文献3及び4）。

【0012】

この二段噴射方式によれば、メイン噴射により着火を確保できるため、より広い運転領域での適用が可能となる。

【0013】

しかしながら、メイン噴射により噴射された燃料は通常燃焼方式で燃焼するため、単段噴射による予混合燃焼と比較すると $\text{NO}_x$ 及びスモークの排出量は当然多くなってしまう。

【0014】

また、 $\text{NO}_x$ を低減させるには排気ガスを燃焼室内に還流するEGRが有効であるが、通常燃焼においてEGR率を高くすると空気不足が生じスモークが発生するため、従来の二段噴射方式ではEGR率を抑制する必要があった。このため、 $\text{NO}_x$ もある程度の排出を伴ってしまう。そこで、スモーク及び $\text{NO}_x$ を後処理装置により浄化することになるが、その場合、燃費悪化やコスト増加を伴う。

【0015】

また、上記単段噴射による予混合燃焼においてもEGR率を高めると酸素濃度が低下し、より失火しやすくなることから、EGRによる $\text{NO}_x$ 低減効果を十分に得ることができなかった。

【0016】

そこで、本発明の目的は、上記課題を解決し、 $\text{NO}_x$ 及びスモークを大幅に低減できる予混合燃焼をより広い運転領域で実行することを可能にしたエンジンの燃焼制御装置を提供することにある。

【0017】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために本発明は、燃焼室内に燃料を噴射する燃料噴射弁と



、燃焼室内の混合気の着火時期を調整する着火時期調整手段と、上記燃料噴射弁及び上記着火時期調整手段を制御する制御手段とを備えたエンジンの燃焼制御装置であって、上記制御手段は、吸気行程から圧縮行程の間で行う第一噴射と、第一噴射の実行後、圧縮上死点近傍にて行う第二噴射とを少なくとも実行するように上記燃料噴射弁を制御すると共に、上記第一噴射及び第二噴射により噴射された燃料と吸入空気等により形成される混合気が、上記第二噴射の噴射終了後に着火するように上記着火時期調整手段を制御するものである。

#### 【0018】

ここで、上記着火時期調整手段は、排気ガスを上記燃焼室内に還流する排気ガス還流手段、上記燃料室の容積を変更して圧縮比を変化させる可変圧縮比機構、吸排気バルブの開閉タイミングを変えて圧縮比を変化させる可変バルブタイミング機構、水又はアルコール等の液体を上記燃焼室内に噴射する噴射手段、のうち何れか一つ又は複数の組み合わせからなっても良い。

#### 【0019】

また、上記着火時期調整手段は、燃焼室内に臨んで設けられた点火プラグと、点火プラグに通電して燃焼室内の混合気を着火させる通電手段とを備えたものであっても良い。

#### 【0020】

また、上記制御手段は、上記燃焼室内の混合気が着火するときの、上記第二噴射により形成される混合気の混合気濃度頻度分布のピークが当量比で2以下の値となるように上記着火時期調整手段を制御することが好ましい。

#### 【0021】

また、上記制御手段は、上記燃焼室内の混合気が着火するときの、上記第一噴射により形成される混合気の混合気濃度頻度分布のピークが当量比で1以下の値となるように上記第一噴射の噴射量及び／又は噴射時期を決定することが好ましい。

#### 【0022】

更に本発明は、燃焼室内に燃料を噴射する燃料噴射弁と、燃焼室内の混合気の着火時期を調整する着火時期調整手段と、上記燃料噴射弁及び上記着火時期調整

手段を制御する制御手段とを備えたエンジンの燃焼制御装置であって、上記制御手段は燃料噴射モードとして、エンジンの運転状態が低回転・低負荷領域であるときに、吸気行程から圧縮行程の間で一回の噴射を実行するように上記燃料噴射弁を制御する単段予混合燃焼モードと、エンジンの運転状態が上記単段予混合燃焼モードを実行する領域よりも高回転・高負荷領域であるときに、吸気行程から圧縮行程の間で行う第一噴射と、第一噴射の実行後、圧縮上死点近傍にて行う第二噴射とを少なくとも実行するように上記燃料噴射弁を制御すると共に、上記第一噴射及び第二噴射により噴射された燃料と吸入空気等により形成される混合気が、上記第二噴射の噴射終了後に着火するように上記着火時期調整手段を制御する多段予混合燃焼モードとを少なくとも有するものである。

#### 【0023】

ここで、上記着火時期調整手段は排気ガスを燃焼室内に還流する排気ガス還流手段を備え、上記制御手段は上記燃料噴射モードとして、エンジンの運転状態が上記多段予混合燃焼モードを実行する領域よりも高負荷領域であるときに、少なくとも圧縮上死点近傍で一回の噴射を実行するように上記燃料噴射弁を制御する通常燃焼モードを更に備え、上記制御手段は、上記多段予混合燃焼モードから上記通常燃焼モードに移行する際に、上記多段予混合燃焼モードの上記第一噴射の噴射量を徐々に減少させると共に、上記第二噴射の噴射量を上記通常燃焼モードの目標噴射量まで徐々に増加させるように上記燃料噴射弁を制御し、上記第二噴射の噴射量の増加に応じて排気ガスの還流率を徐々に減少させるように上記排気ガス還流手段を制御するようにしても良い。

#### 【0024】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の好適な一実施形態を添付図面に基づいて詳述する。

#### 【0025】

本実施形態はコモンレール式直噴ディーゼルエンジンに適用したものであり、図1を用いてその概略構成を説明する。なお、図1では一気筒のみ示されているが、当然多気筒であっても良い。

#### 【0026】

図中 1 がエンジン本体であり、これはシリンダ 2、シリンダヘッド 3、ピストン 4、吸気ポート 5、排気ポート 6、吸気弁 7、排気弁 8、インジェクタ 9 等から構成される。シリンダ 2 とシリンダヘッド 3 との空間に燃焼室 10 が形成され、燃焼室 10 内にインジェクタ（燃料噴射弁） 9 から燃料が直接噴射される。ピストン 4 の頂部にキャビティ 11 が形成され、キャビティ 11 は燃焼室の一部をなす。キャビティ 11 は底部中央が隆起したリエントラント型燃焼室の形態をなす。インジェクタ 9 はシリンダ 2 と略同軸に配置され、複数の噴孔から同時に放射状に燃料を噴射する。インジェクタ 9 はコモンレール 24 に接続され、そのコモンレール 24 に貯留された高圧燃料がインジェクタ 9 に常時供給されている。コモンレール 24 への燃料圧送は高圧サプライポンプ 25 により行われる。

#### 【0027】

吸気ポート 5 は吸気管 12 に、排気ポート 6 は排気管 13 にそれぞれ接続される。

#### 【0028】

本実施形態のエンジンは排気ガスを燃焼室 10 内に還流する EGR 装置（排気ガス還流手段） 19 を具備している。EGR 装置 19 は、吸気管 12 と排気管 13 とを結ぶ EGR 管 20 と、EGR 率を調節するための EGR 弁 21 と、EGR 弁 21 の上流側にて EGR ガスを冷却する EGR クーラ 22 とを備える。吸気管 12 においては、EGR 管 20 との接続部の上流側にて吸気を適宜絞るための吸気絞り弁 23 が設けられる。

#### 【0029】

このエンジンを電子制御するための電子制御ユニット（以下 ECU という） 26 が設けられる。ECU 26 は各種センサ類から実際のエンジン運転状態を検出し、このエンジン運転状態に基づいてインジェクタ 9、EGR 弁 21、吸気絞り弁 23、及び高圧サプライポンプ 25 からの燃料圧送量を調節する調量弁（図示せず）等を制御する。前記センサ類としては、アクセル開度を検出するアクセル開度センサ 14、エンジンの回転速度を検出するエンジン回転センサ 15、エンジンのクランク軸（図示せず）の角度を検出するクランク角度センサ 16、コモンレール 24 内の燃料圧力を検出するコモンレール圧センサ 17 等が含まれ、実

際のアクセル開度、エンジン回転速度、クランク角度、コモンレール圧等が ECU 26 に入力される。

#### 【0030】

インジェクタ 9 は、ECU 26 により ON/OFF される電気アクチュエータとしての電磁ソレノイドを有し、電磁ソレノイドが ON のとき開状態となって燃料を噴射すると共に、電磁ソレノイドが OFF のとき閉状態となって燃料噴射を停止する。ECU 26 は、主にエンジン回転速度とアクセル開度とから燃料噴射量と燃料噴射時期（タイミング）とを決定し、それに従って電磁ソレノイドを ON/OFF する。燃料噴射量が多いほど電磁ソレノイドの ON 時間は長期となる。

#### 【0031】

さて、本発明の要旨は、NO<sub>x</sub> 及びスモークを大幅に低減できる予混合燃焼をより広い運転領域で実行することを可能にする燃焼制御装置にあり、以下、本実施形態の燃焼制御装置について説明する。

#### 【0032】

燃焼制御装置は主に、インジェクタ 9 と、燃焼室 10 内の混合気の着火時期を調整するための後述する着火時期調整手段と、インジェクタ 9 による燃料噴射量及び燃料噴射時期、及び着火時期調整手段を制御する ECU（制御手段）26 とを備える。係る燃焼制御装置による燃料噴射方法の特徴は、予混合燃焼のための噴射を複数回（本実施形態では 2 回）に分割して行う点にある。本明細書中ではこの噴射方式を多段予混合噴射という。

#### 【0033】

具体的には、ECU（制御手段）26 は、吸気行程から圧縮行程の間で第一噴射を行い、その第一噴射の噴射終了後、圧縮上死点近傍にて第一噴射よりも少量の第二噴射を実行するようにインジェクタ（燃料噴射弁）9 を制御すると共に、第一噴射及び第二噴射により噴射された燃料と吸入空気等により形成される混合気が、第二噴射の噴射終了後に着火するように着火時期調整手段を制御する。第一噴射は特許文献 1 及び 2 に記載されているような従来の単段噴射による予混合燃焼と同じ目的でなされるものであり、混合気の希薄・均一化を促進して NO<sub>x</sub>

とスモークの同時低減を図っている。第二噴射は、混合気の着火を確保するためのものであり、これによって、より広い運転領域での適用が可能となる。

#### 【0034】

また、本実施形態の多段予混合噴射が特許文献3及び4に記載されているような二段噴射と異なる点は、第二噴射により噴射された燃料も予混合燃焼となる点である。つまり、第二噴射の噴射終了後に着火が開始されるので、第二噴射により噴射された燃料もある程度まで希薄・均一化される。従って、NO<sub>x</sub>及びスモークの排出量を低減できる。また、燃料が希薄・均一化されること、及び第二噴射により着火を確保できることから、EGR装置19によるEGR率を高めることができる。従って、EGR率を高めてNO<sub>x</sub>排出量を相乗的に低減することができる。

#### 【0035】

本実施形態では、ECU26に、エンジン運転状態（アクセル開度及びエンジン回転速度等）毎に総燃料噴射量と、総燃料噴射量に対する第一噴射及び第二噴射の噴射量の占める割合と、第一噴射及び第二噴射の噴射時期とを定めたマップが予め記憶されており、ECU26はアクセル開度センサ14及びエンジン回転センサ15により検出された実際のアクセル開度及びエンジン回転速度等に基づいてマップから第一噴射及び第二噴射の噴射量及び噴射時期をそれぞれ決定してインジェクタ9の電磁ソレノイドをON/OFFする。

#### 【0036】

第一噴射と第二噴射の噴射量の割合はエンジン運転状態によって異なるが、基本的には第二噴射の噴射量は第一噴射の噴射量と比較してかなり少なく設定される。第二噴射はあくまでも失火を防止するためのものだからである。ただし、高負荷時等のようにエンジンに高出力を要求されるときは、第二噴射の噴射量の割合が増加される。

#### 【0037】

着火時期調整手段は、本実施形態ではEGR装置（排気ガス還流手段）19が用いられる。つまり、EGR率を高めて混合気の酸素濃度及び圧縮端温度を低下させて着火遅れ期間を長くすることにより、混合気が第二噴射の噴射終了後に着

火するように調整する。混合気が第二噴射の噴射終了後に着火するために必要な EGR 率は予め実験やシミュレーションなどによりエンジン運転状態毎に求めておき、ECU 26 に記憶させておく。このように、本実施形態の EGR 装置 19 は、NO<sub>x</sub> を低減させる機能と着火時期を調整する機能とを有する。

#### 【0038】

図 2 に、特許文献 1 及び 2 に記載されているような単段予混合噴射を行ったときと、多段（二段）予混合噴射を行ったときの、筒内平均ガス温度  $T_{mean}$  (K)、熱発生率 ROHR ( $J/^\circ C \cdot A$ )、及び筒内圧力  $P_{cyl}$  (MPa) の測定結果を示す。また、図 3 にそのときの NO<sub>x</sub>、THC（トータル HC）及び CO の排出量 ( $g/kWh$ ) と、燃料消費率 BSFC ( $g/kWh$ ) の測定結果を示す。

#### 【0039】

図中点線①で示す方が単段予混合噴射の測定結果であり、噴射タイミングは  $-30^\circ ATDC$  とした。

#### 【0040】

また、図中実線②で示す方が二段予混合噴射の測定結果であり、噴射タイミングは第一噴射が約  $-30^\circ ATDC$ 、第二噴射が約 TDC ( $0^\circ ATDC$ ) とした。また、第一噴射の噴射量を総噴射量の 85% ( $28 mm^3/st$ ) とし、第二噴射の噴射量を残りの 15% ( $5 mm^3/st$ ) とした。なお、この実験では EGR 装置 19 による着火時期の調整は行わなかった。

#### 【0041】

図から分かるように、単段予混合噴射①の場合、二段予混合噴射②と比較して熱発生率 ROHR が大きく、燃焼期間は短い。つまり急激に燃焼が行われていることが分かる。このため、NO<sub>x</sub> の排出量が多く、ディーゼルノックも強い。

#### 【0042】

これに対して、二段予混合噴射②の場合、熱発生率 ROHR は単段予混合噴射①よりも小さく、燃焼期間も長い。このため、NO<sub>x</sub> の排出量は単段予混合噴射①と比較して 1/3 程度に抑制されている。また、ディーゼルノックも軽減し静粛な運転が可能となった。NO<sub>x</sub> の排出量が低減した理由は、ゆっくりとした燃

焼により筒内最高温度が抑制されたためと考えられる。また、ディーゼルノックが軽減した原因は、第一噴射の噴射量が単段予混合噴射①の噴射量よりも少ないことと、第二噴射が燃焼速度を抑制したためと考えられる。

#### 【0043】

また、二段予混合噴射②では燃料消費率  $B S F C$  も単段予混合噴射①と比較して大幅に改善され、 $C O$  及び  $T H C$  の排出量も若干であるが軽減された。

#### 【0044】

なお、この実験ではスモークの排出量は単段予混合噴射と二段予混合噴射とで顕著な差は見られなかった。

#### 【0045】

そこで、発明者らは  $E G R$  装置 19 により、混合気が第二噴射の終了後に着火するように着火時期の調整を行って同様の試験を行った。

#### 【0046】

図 4 にその結果を示す。

#### 【0047】

総燃料噴射量は供試機関の全負荷に相当する量とし、 $E G R$  率を 30%、実  $\lambda$  (空気過剰率) を 1.27 とした。第一噴射  $I 1$  は約  $-25^{\circ} A T D C$  で行い、第二噴射  $I 2$  は  $T D C$  ( $0^{\circ} A T D C$ ) 近傍で行った。なお、この実験例では全負荷相当の運転であるので、第二噴射  $I 1$  の噴射量が第一噴射  $I 2$  の噴射量よりも若干多くなっている。

#### 【0048】

図から分かるように、第二噴射  $I 2$  は約  $4^{\circ} A T D C$  で終了し、その後、 $8 \sim 10^{\circ} A T D C$  あたりで、筒内平均ガス温度  $T m e a n$ 、熱発生率  $R O H R$  及び筒内圧力  $P c y l$  が上昇している。つまり、第二噴射  $I 2$  の噴射が終了した後、速やかに着火・燃焼が開始されていることが分かる。

#### 【0049】

このように、着火時期の調整を行ったときの排気ガス中のスモーク濃度は 0.88 (F S N) であり、これは図 2 に示した単段予混合噴射①及び着火時期の調整をしない二段予混合噴射②と比較してかなり少ない値であった。つまり、第二

噴射 I 2 を予混合燃焼とすることでスモークを低減できることが確認された。更に、 $\text{NO}_x$ 、CO 及び THC の排出量も図 2 の着火時期の調整をしない二段予混合噴射②と比較して更に低減されることが分かった。

#### 【0050】

ここで、発明者らはスモークを更に低減、あるいは全くなくするために最適な着火時期を得るために各種試験を行った。

#### 【0051】

その結果、着火が始まるときの燃焼室 10 内の混合気の混合気濃度頻度分布とスモークの形成とに図 5 に示すような関係があることが分かった。

#### 【0052】

図 5 (a) 及び図 5 (b) において、横軸は混合気の局所的な当量比、左側縦軸は頻度、右側縦軸はスモークの形成される率をそれぞれ示している。

#### 【0053】

ここで、当量比とは理論空燃比／供給空燃比で表せるものであり、値が大きいほど燃料濃度が濃いことを意味している。混合気濃度頻度分布とは混合気の濃度のバラツキを示すものであり、ライン I 1 が第一噴射により形成される混合気の濃度頻度分布を示しており、ライン I 2 が第二噴射により形成される混合気の濃度頻度分布を示している。

#### 【0054】

図 5 (a) のライン I 1 を例に混合気濃度頻度分布について説明する。ライン A は当量比約 0.4 の部分が大きく突出した山形状をしている。これは、混合比の大部分が当量比約 0.4 の濃度であることを意味しており、混合比がかなり均一化されていることが分かる。また、混合気濃度頻度分布のピーク（つまり山の頂点）の当量比が約 0.4 であることから、混合気がかなり希薄化されていることも分かる。

#### 【0055】

ライン S はスモークの形成される率を示しており、ライン S の内側の領域に位置する当量比（約 2 以上）の混合気が存在するとスモークが形成される。

#### 【0056】



図5 (a) は、混合気の着火タイミングが早く、スモークが形成されてしまう場合を示している。つまり、第二噴射 I 2 により噴射された燃料がまだ十分に希薄・均一化されておらず、第二噴射 I 2 により形成される混合気の混合気濃度頻度分布のピークは約 3.2 である。従って、スモークが発生する。

#### 【0057】

図5 (b) は、混合気の着火タイミングが適切であり、スモークがほとんど形成されない場合を示している。この場合、第二噴射 I 2 により噴射された燃料が十分に希薄・均一化されており、第二噴射 I 2 により形成される混合気の混合気濃度頻度分布のピークは約 1.0 である。このため、混合気の大部分がスモークが形成される領域（当量比 2 以上）外となり、スモークは発生しない。

#### 【0058】

このように、燃焼室 10 内の混合気が着火するときの、第二噴射により形成される混合気の混合気濃度頻度分布のピークが、スモークが形成される当量比よりも低い値（つまり 2 以下）となるように、EGR 装置 19 による着火時期の調整を行えばスモークの発生を効果的に防止できることが分かった。

#### 【0059】

つまり、第二噴射 I 2 により形成される混合気が、着火を確保できる程度に濃い濃度の部分を有し、かつスモークが発生するほど濃い濃度の部分を有さないように着火時期を調整することが好ましい。

#### 【0060】

また、第一噴射の燃料を最適に希薄・均一化して NO<sub>x</sub> 及びスモークを効果的に低減させるには、燃焼室 10 内の混合気が着火するときの、第一噴射により形成される混合気の混合気濃度頻度分布のピークが当量比で 1 以下の値となるように、インジェクタ 9 による燃料噴射量及び／又は燃料噴射時期の調整を行えば良いことが分かった。

#### 【0061】

次に、本実施形態の ECU 26 が実行するエンジン運転状態による燃料噴射モードの切り換えを図 6 を用いて説明する。

#### 【0062】

本実施形態の ECU 26 は燃料噴射モードとして三つのモードを備えている。

#### 【0063】

一つ目は、特許文献 1 に記載されているような単段予混合燃焼モードである。つまり、吸気行程から圧縮行程の間で一回の噴射を実行するようにインジェクタ 9 を制御するモードであり、エンジンの運転状態が比較的低回転・低負荷領域であるときに実行する。

#### 【0064】

二つ目は、本発明の特徴である多段（二段）予混合燃焼モードであり、吸気行程から圧縮行程の間で行う第一噴射と、第一噴射の実行後、圧縮上死点近傍にて行う第二噴射とを実行するようにインジェクタ 9 を制御すると共に、第一噴射及び第二噴射により噴射された燃料と吸入空気等により形成される混合気が、第二噴射の噴射終了後に着火するように EGR 装置 19 を制御する。このモードは、エンジンの運転状態が単段予混合燃焼モードを実行する領域よりも高回転・高負荷領域であるときに実行する。

#### 【0065】

そして、三つ目が特許文献 3 及び 4 に記載されているような通常燃焼モードであり、吸気行程から圧縮行程の間で行う少量のパイロット噴射と、圧縮上死点近傍にて行うメイン噴射とを実行するようにインジェクタ 9 を制御する。このモードは、エンジンの運転状態が多段予混合燃焼モードを実行する領域よりも高負荷領域であるときに実行する。

#### 【0066】

このように、本実施形態の燃焼制御装置によれば、従来、通常燃焼モードで運転していた領域の一部を多段予混合燃焼モードに置き換えることができる。結果として、予混合燃焼を行える領域を広くできる。

#### 【0067】

多段予混合燃焼モードから通常燃焼モードに移行する際は、以下のように行う。

#### 【0068】

即ち、ECU 26 は第一噴射の噴射量を徐々に減少させると共に、第二噴射の

噴射量を通常燃焼モードの目標噴射量まで徐々に増加させるようにインジェクタ 9 を制御する。また、第二噴射の噴射量の増加に応じて排気ガスの還流率（EGR 率）を徐々に減少させるように EGR 装置（排気ガス還流手段）19 を制御する。これは、上述したように通常燃焼モードで EGR 率を高めるとスモークが発生するからである。

#### 【0069】

本発明は以上説明した実施形態に限定されず、様々な変形例が考えられる。

#### 【0070】

例えば、着火時期調整手段は実施例に提示した EGR 装置に限らず、EGR 管 20 を用いなくて吸気行程中の排気弁開放等により排気ガスを筒内残留させる、いわゆる内部 EGR であっても良く、既燃ガスを用いた種々の EGR 装置が適用可能である。また、EGR 装置以外にも種々のものが適用可能である。

#### 【0071】

例えば、燃焼室の容積を変更して圧縮比を変化させる可変圧縮比機構や、吸排気バルブの開閉タイミングを変えて圧縮比を変化させる可変バルブタイミング機構が着火時期調整手段として適用可能である。具体的には、圧縮比を低くして着火遅れ期間を長期化させることにより着火タイミングを最適な時期に調整できる。可変圧縮比機構の具体例としては、例えば特許文献 5 に記載されたもの等があり、可変バルブタイミング機構の具体例としては、例えば特許文献 6 に記載されたもの等がある。

#### 【0072】

また、燃焼室内の混合気に水又はアルコール等の液体を噴射して混合気の温度を低下させ、着火遅れ期間を長期化させる噴射手段も着火時期調整手段として適用可能である。

#### 【0073】

更に、燃焼室内に臨んで設けられた点火プラグと、点火プラグに通電して燃焼室内の混合気を着火させる通電手段とを備え、最適なタイミング（第二噴射の噴射終了後）で点火プラグに通電して混合気を着火させる手段も着火時期調整手段として適用できる。特に、本発明をガソリンエンジンに適用する場合などに、着

火時期調整手段として点火プラグを選択すると良い。

【0074】

また、着火時期調整手段は上述した各手段を併用しても良い。

【0075】

また、上記実施形態では、燃料噴射モードとして三つのモードを備えた例を示したが、本発明は多段予混合燃焼モードでエンジンの全運転領域をカバーすることも可能である。

【0076】

更に、多段予混合燃焼モードは二段噴射に限定はされず、三段以上の予混合噴射を行うことも考えられる。

【0077】

【発明の効果】

以上要するに本発明によれば、以下に示す如く優れた効果を発揮するものである。

【0078】

①. 圧縮上死点近傍にて第二噴射が実行されるため、高速時の着火を確保でき、より広い運転領域で予混合燃焼を行うことが可能である。

【0079】

②. 第二噴射により噴射された燃料も予混合燃焼するため、NO<sub>x</sub>及びスモークの排出量を低減できる。

【0080】

③. EGR率を高めることができるのでNO<sub>x</sub>排出量を相乗的に低減できる。

④. 燃費悪化やコスト上昇を伴わない。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の一実施形態に係る燃焼制御装置を備えたコモンレール式直噴ディーゼルエンジンの概略図である。

【図2】

単段予混合噴射及び着火時期の調整を行わない二段予混合噴射を行ったときの

、筒内平均ガス温度、熱発生率及び筒内圧力の測定結果を示すグラフである。

【図 3】

単段予混合噴射及び着火時期の調整を行わない二段予混合噴射を行ったときの、 $\text{NO}_x$ 、 $\text{THC}$ 及び $\text{CO}$ の排出量と、燃料消費率の測定結果を示すグラフである。

【図 4】

着火時期の調整を伴う二段予混合噴射を行ったときの、筒内平均ガス温度、熱発生率及び筒内圧力の測定結果を示すグラフである。

【図 5】

(a) は、混合気濃度頻度分布とスモーク形成率との関係を示すグラフであり、スモークが多量に排出される場合を示している。

(b) は、混合気濃度頻度分布とスモーク形成率との関係を示すグラフであり、スモークが排出されない場合を示している。

【図 6】

本発明の一実施形態の燃料噴射制御装置における、エンジン運転状態と燃料噴射モードとの関係を示すグラフである。

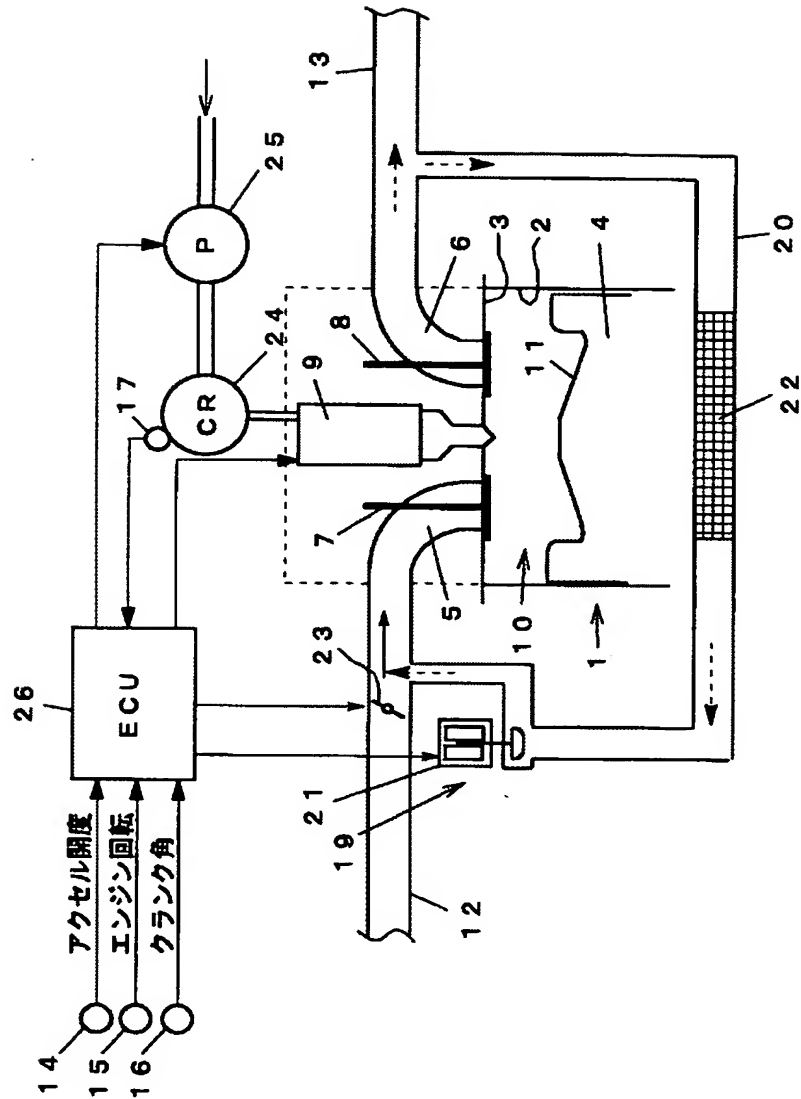
【符号の説明】

- 1 エンジン
- 9 インジェクタ (燃料噴射弁)
- 10 燃焼室
- 19 EGR 装置 (排気ガス還流手段、着火時期調整手段)
- 26 ECU (制御手段)

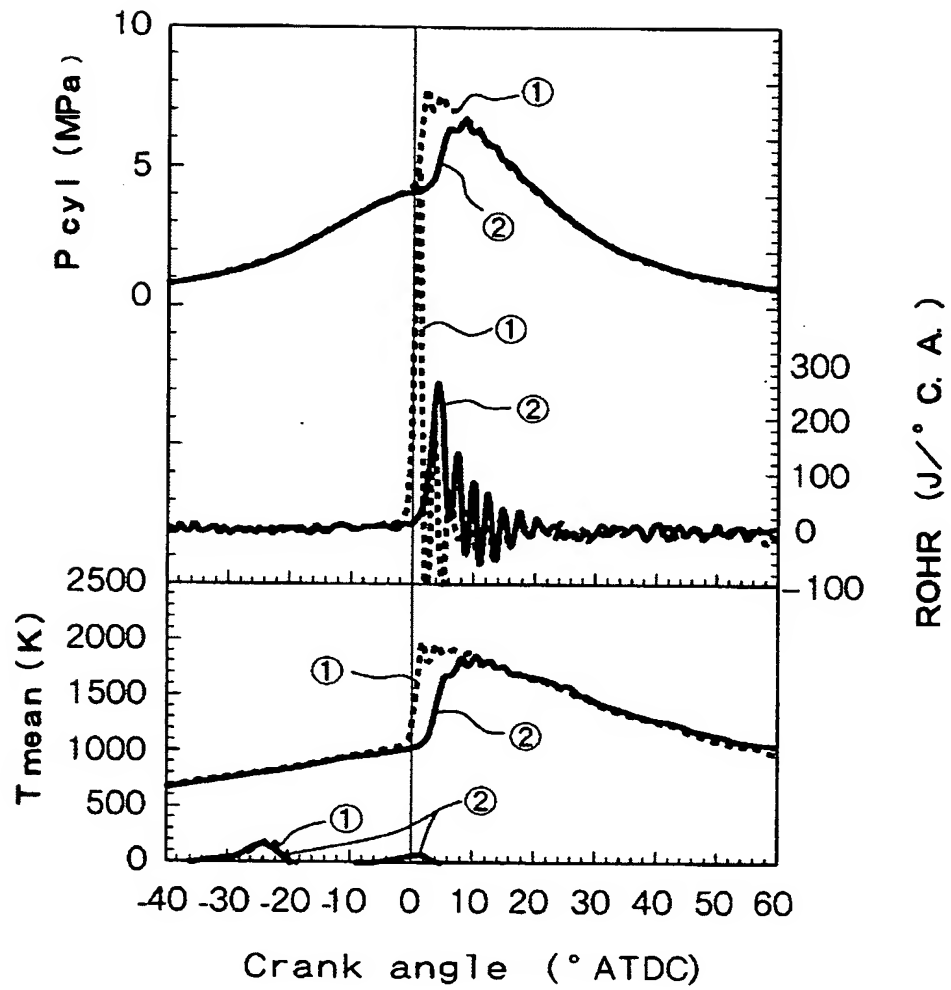
【書類名】

凶面

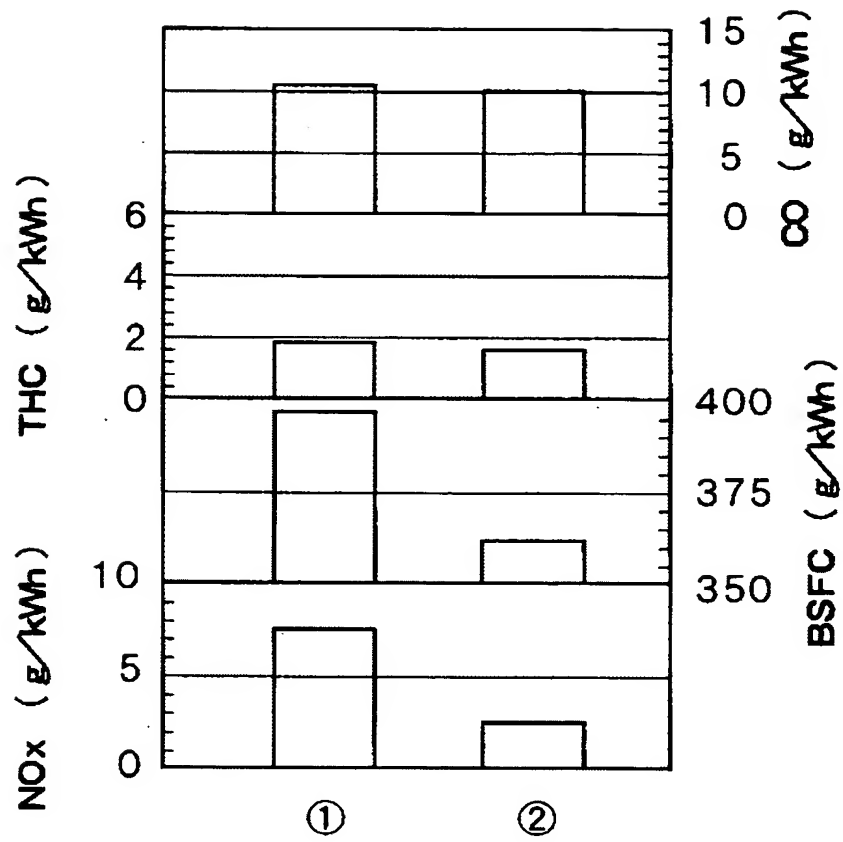
【図 1】



【図 2】

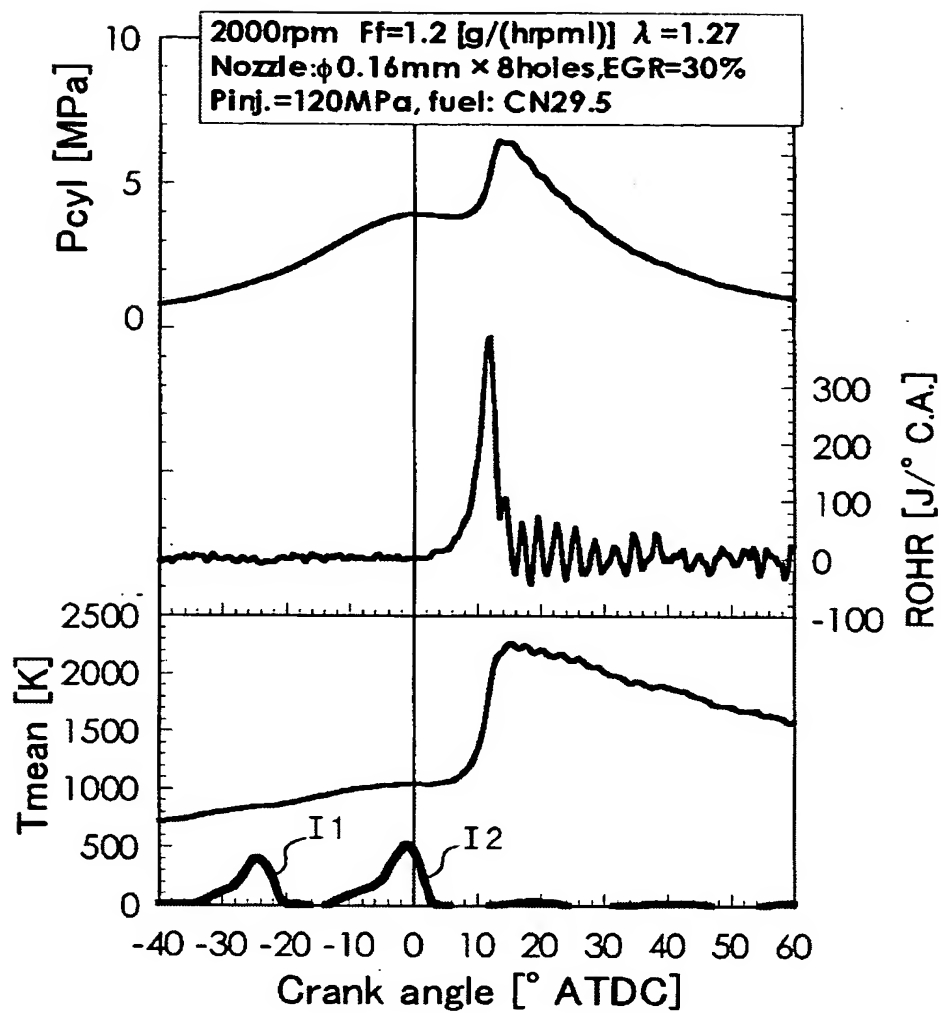


【図3】

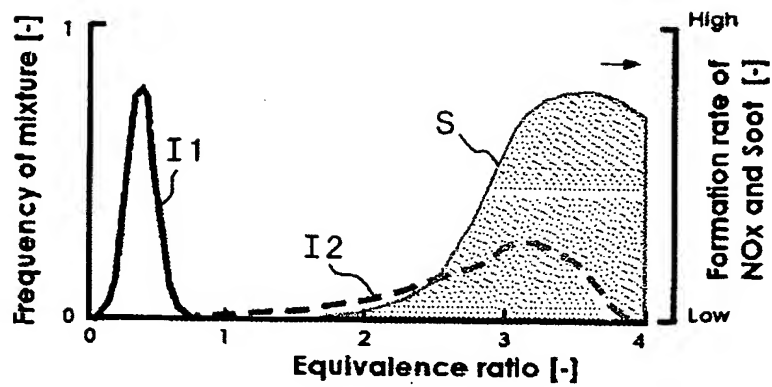




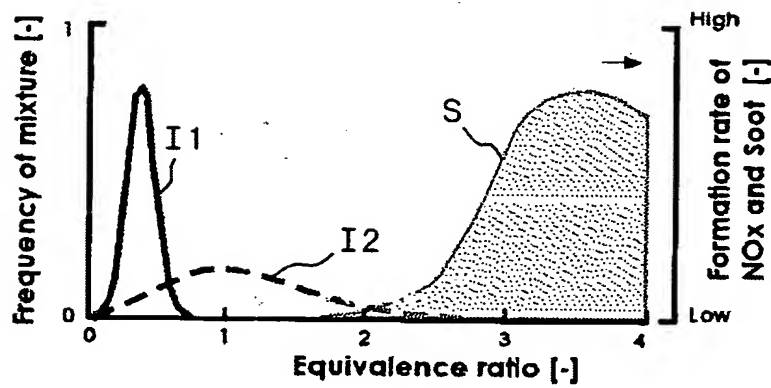
【図 4】



【図 5】

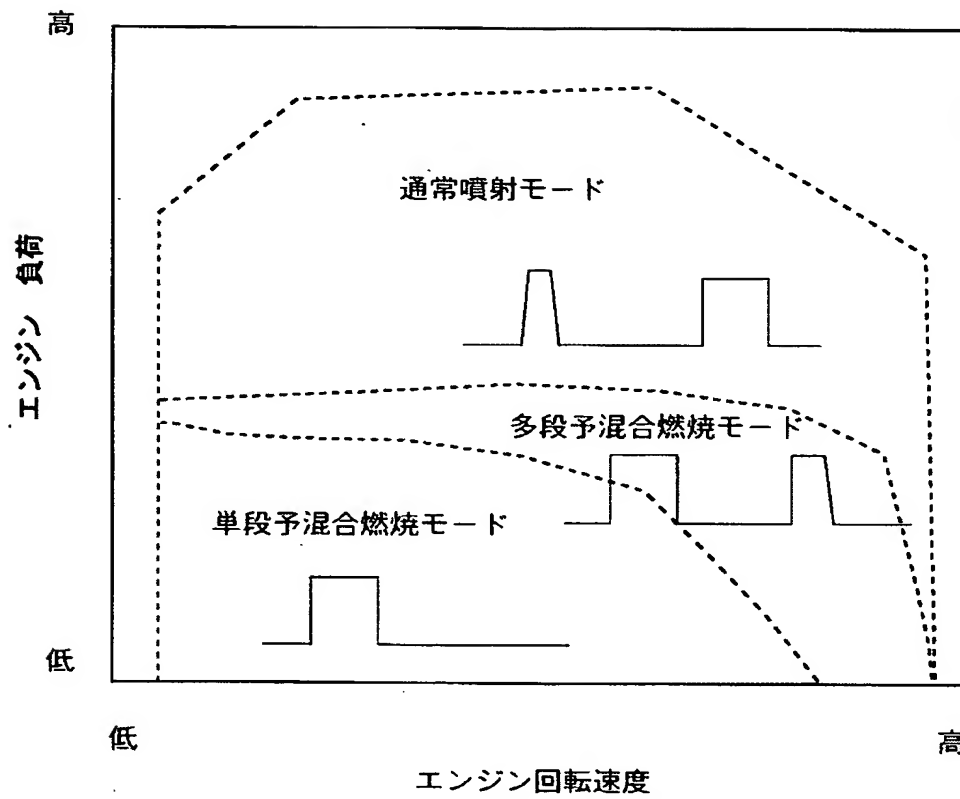


(a)



(b)

【図6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】  $\text{NO}_x$  及びスモークを大幅に低減できる予混合燃焼をより広い運転領域で実行することを可能にしたエンジンの燃焼制御装置を提供する。

【解決手段】 燃焼室 10 内に燃料を噴射する燃料噴射弁 9 と、燃焼室 10 内の混合気の着火時期を調整する着火時期調整手段 19 と、上記燃料噴射弁 9 及び上記着火時期調整手段 19 を制御する制御手段 26 とを備えたエンジンの燃焼制御装置であって、上記制御手段 26 は、吸気行程から圧縮行程の間で行う第一噴射と、第一噴射の実行後、圧縮上死点近傍にて行う第二噴射とを少なくとも実行するように上記燃料噴射弁 9 を制御すると共に、上記第一噴射及び第二噴射により噴射された燃料と吸入空気等により形成される混合気が、上記第二噴射の噴射終了後に着火するように上記着火時期調整手段 19 を制御するものである。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 0 3 0 8 1 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 0 1 7 0 ]

1. 変更年月日            1 9 9 0 年    8 月 2 4 日  
    [変更理由]            新規登録  
        住 所            東京都品川区南大井 6 丁目 2 2 番 1 0 号  
        氏 名            いすゞ自動車株式会社
  
2. 変更年月日            1 9 9 1 年    5 月 2 1 日  
    [変更理由]            住所変更  
        住 所            東京都品川区南大井 6 丁目 2 6 番 1 号  
        氏 名            いすゞ自動車株式会社